

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА ИНТЕРМЕТАЛЛИДНОГО СПЛАВА TNM-B₁ НА ОСНОВЕ ГАММА-АЛЮМИНИДА ТИТАНА

Соколовский В.С. ⁽¹⁾

Руководитель – профессор, доктор технических наук Салищев Г.А. ⁽²⁾

Лаборатория объемных наноструктурных материалов, Белгородский
государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород,

(1) Sokolovskiy@bsu.edu.ru;

(2) Salishchev@bsu.edu.ru

С помощью программного обеспечения Thermo-Calc смоделирована диаграмма состояния и фазовая диаграмма системы Ti-Al-Nb-Mo при концентрациях Nb и Mo соответствующих сплаву TNM-B₁ (с номинальным составом Ti-43,5Al-4Nb-1Mo-0,1B). Проведена экспериментальная проверка диаграммы состояния с помощью дифференциально-сканирующей калориметрии, дилатометрии и метода пробных закалок из разных фазовых областей. Обнаружена хорошая сходимость результатов, особенно в высокотемпературной области. Однако наблюдается некоторое расхождение в низкотемпературной области. Несмотря на это показано, что моделирование является эффективным методом исследования фазового состава сплавов.

Легкие интерметаллидные $\alpha_2+\gamma$ сплавы на основе TiAl обладают значительным потенциалом для применения в качестве высокотемпературных конструкционных материалов, особенно в авиакосмической промышленности и автомобилестроении. Основными преимуществами данных сплавов является низкая плотность, высокие удельные прочностные характеристики, жаропрочность, термическая стабильность и сопротивление окислению. Данные свойства интерметаллидов обеспечивает упорядоченность кристаллической структуры и наличие доли ковалентной связи. Однако основным препятствием для применения таких сплавов является низкая пластичность и вязкость разрушения при пониженных температурах [1-4].

Одним из факторов, влияющих на механические свойства, является фазовый состав. Особенностью интерметаллидных сплавов на основе TiAl является высокая чувствительность их фазового состава к изменению содержания легирующих элементов. Например, один из наиболее современных и перспективных сплавов TNM-B₁ (с номинальным составом Ti-43,5Al-4Nb-1Mo-0,1B) содержит пять элементов. Для анализа его фазового состава необходимо построение пяти или четырех компонентной диаграммы

состояния, если не учитывать бор, который является модифицирующей добавкой. Построение таких диаграмм состояния графическим способом крайне затруднено. В решении данной задачи может помочь использование специального программного обеспечения. Примером является программа Thermo-Calc, которая позволяет производить анализ фазового состава, его зависимость от температуры и содержания легирующих элементов.

В данной работе была смоделирована диаграмма состояния, фазовая диаграмма четырех компонентной системы Ti-Al-4Nb-1Mo с помощью которой проведен анализ фазового состава сплава TiNb-B₁. Теоретически определены последовательность фазовых превращений, границы фазовых областей, температуры фазовых и полиморфных превращений. Данные полученные при моделировании экспериментально были проверены с помощью дифференциально-сканирующей калориметрии, дилатометрии и метода пробных закалок из разных фазовых областей.

Сравнение теоретических и экспериментальных данных показало, что в целом фазовые области, критические точки и последовательность фазовых превращений близки к рассчитанным при помощи моделирования. Например, разница в определении температуры полиморфного $\beta \rightarrow \alpha$ превращения составила 5°C. Однако, в низкотемпературной области наблюдается некоторое расхождение между расчетными и экспериментальными данными. Так, на практике эвтектоидное превращение происходит при температурах на 80-90°C выше расчетной. Такое различие вероятно связано с тем, что при термодинамических расчетах рассматриваются равновесные превращения. Тем не менее, показано, что применение компьютерного моделирования с помощью специализированных программ является весьма эффективным методом построения диаграмм состояния многокомпонентных систем. Такой подход позволяет облегчить экспериментальные исследования, особенно в случае изучения таких материалов как интерметаллидные $\alpha_2 + \gamma$ сплавы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Gamma Titanium Aluminide Alloys: Science and Technology / F. Appel – Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Weinheim, 2011. – 745 p.
2. Titanium and Titanium Alloys / Leyens C. and Peters - WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2003. – 532 p.
3. M.H. Loretto, D. Horspool, R. Botten, D. Hu, Y.G. Li, D. Srivastava, R. Sharman, X. Wu. Controlling the properties of some ordered Ti-based alloys // Material Science. – 2002. – V.25. – PP. 1-6.
4. Y. Wang, D. Lin. Brittle-to-ductile transition temperature and its strain rate sensitivity in a two-phase titanium aluminide with near lamellar microstructure // Journal of materials science. – 1999. – V.34. – PP. 3155-3159.